

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-316376

(43)公開日 平成11年(1999)11月16日

(51)Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	FI	
G 0 2 F 1/1335	5 3 0	G 0 2 F 1/1335	5 3 0
G 0 9 F 9/00	3 3 6	G 0 9 F 9/00	3 3 6 H
	9/35		3 0 5
H 0 5 B 33/14		H 0 5 B 33/14	A
33/26		33/26	Z
		審査請求 未請求 請求項の数1	OL (全 6 頁)

(21)出願番号、 特願平10-123551

(22)出願日 平成10年(1998)5月6日

(71)出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72)発明者 太田 和秀

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

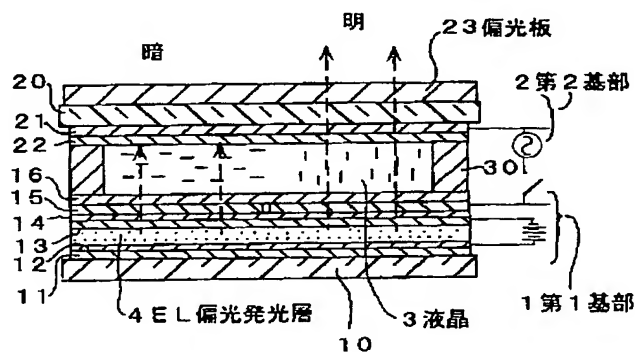
(74)代理人 弁理士 大川 宏

(54) 【発明の名称】 自発光表示素子

(57) 【要約】

【課題】 EL発光をバックライトとした液晶表示素子からなる自発光表示素子において、EL発光を損失なく液晶素子から発光させ、かつ素子の厚さを低減する。

【解決手段】液晶素子内に偏光を発するＥＬ素子を組み込み、基板を共用した。ＥＬ素子から発する偏光はそのまま液晶内を通過して１００％発光するので、消費電力が低減できる。また従来のＥＬ素子をバックライトとした液晶表示素子に比べて一対の基板と一枚の偏光板が不要で、構造が簡単になり素子の厚さも低減される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板と、該基板上に形成された第 1 電極層と、該第 1 電極層上に形成された有機 E L 発光層と、該有機 E L 発光層上に形成された透明な第 2 電極層と、該第 2 電極層上に形成された透明な絶縁層と、該絶縁層上に形成された透明な第 3 電極層と、該第 3 電極層上に形成された透明な第 1 配向膜と、よりなり電圧の印加により偏光を発光する第 1 基部と、表面側に偏光板が積層された透明基板と、該透明基板の裏面上に形成された透明な第 4 電極層と、該第 4 電極層上に形成された透明な第 2 配向膜と、よりなる第 2 基部と、該第 1 配向膜と該第 2 配向膜とが対向するように互いに離間して配置された該第 1 基部と該第 2 基部との間に封入された液晶と、からなり、該第 1 電極層と該第 2 電極層間に印加された電圧により該第 1 基部で発光した偏光を該液晶及び該第 1 基部を通して表示するように構成されたことを特徴とする自発光表示素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、E L 発光と液晶表示を用いた自発光表示素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】表示用ディスプレイデバイスとしては、ブラウン管 (Cathode Ray Tube)、液晶 (Liquid Crystal)、プラズマ (Plasma)、発光ダイオード (Light Emitting Diode) 及び E L (Electro Luminescence) などが従来より知られ、T V、パーソナルコンピュータなど各種ディスプレイに広く利用されている。

【0003】この中でも E L は自発光形であり、また薄膜を用いることができるために薄い表示素子として期待されている。そして薄膜型直流 E L として、有機薄膜 E L が近年注目を集めている。例えばフルカラー用ディスプレイとするためには、赤、緑、青の 3 原色を効率よく発光する素子が必要であるが、無機 E L では青色については発光効率の低い材料しかない。しかし有機 E L によれば、青色も効率よく発光できる素子が開発されている。また近年では、1996 年春季第 43 回応用物理学会関係

40 聯合講演会講演予稿集 N0. 3, P 1128 などに開示されているように、偏光を発光する有機 E L も提案されている。

【0004】一方、T N (Twisted Nematic) 型の液晶表示素子は、互いに偏光方向が 90 度ずれた平行な一対の偏光板で素子が挟まれた構造となっている。そしてバックライトなどからの光は一方の偏光板を通して偏光となり、それが液晶に入射される。素子の電圧がオフ状態では、分子のねじれに沿って偏光面が 90 度回転するため、入射偏光はもう一方の偏光板を通過することができず、素子は暗状態となる。

【0005】そして素子の電圧がオン状態となると、液

晶のねじれ配向が解けて分子が基板に垂直方向に配向する。したがって入射偏光は回転せずに液晶を通過し、もう一方の偏光板を通過できるため、素子は明状態となる (ポジ/ネガ表示)。この T N 型の液晶表示素子は、電圧しきい値が低いこと、コントラストが比較的高いこと、マルチプレックス駆動が行いやすいことなどの特徴があり、広く実用されている。

【0006】また T N 型の液晶表示素子を暗所でも表示を可能とするには、バックライトが必要となる。このバックライトとしては従来、蛍光灯や発光ダイオードなどが用いられているが、例えば特開昭 61-153693 号公報、特開昭 62-227121 号公報などに開示されているように、E L 素子をバックライトに用いた表示素子も知られている。

【0007】例えば分散型交流 E L をバックライトに用いた液晶表示素子の構造を図 3 に示す。この液晶表示素子は、T N 型の液晶素子 100 と、バックライトとして機能する分散型交流 E L 素子 200 とから構成されている。液晶素子 100 は、一対のガラス基板 101 と、ガラス基板 101 の対向面にそれぞれ形成された I T O 膜 102 と、I T O 膜 102 上にそれぞれ形成された配向膜 103 と、シール材 104 により封入された液晶 105 とからなり、一対のガラス基板 101 の外側表面にはそれぞれ偏光板 106 が積層されている。

【0008】また E L 素子 200 は、一対のプラスチック又はガラスよりなる基板 201, 202 と、一方の基板 201 上に形成された I T O (Indium Tin Oxide) 膜 203 と、他方の基板 202 上に形成された A l 膜 204 と、I T O 膜 203 と A l 膜 204 の間に封止された発光層 205 とからなり、基板 201 が液晶素子 100 に対向するように配置される。

【0009】このような液晶表示素子では、発光層 205 の発光による光は、直接あるいは A l 膜 204 で反射して I T O 膜 203 及びガラス基板 201 を透過し、液晶素子 100 に入射する。そして液晶素子 100 への電圧印加のオン・オフにより、液晶素子 100 の表示が可能となる。なお図 3 においては、液晶素子 100 の一方の I T O 膜 102 を 2 分割構造とし、分割された一方のみに電圧を印加し、他方には電圧を印加しない構成として、表示の明暗の原理を図示している。

## 【0010】

【発明が解決しようとする課題】上記した従来の液晶表示素子においては、E L 素子 200 の光は 2 枚の偏光板 106 を通過して発光し、液晶素子 100 を通過する際に原理的には 50%、実際には 60% 以上の光が損失することとなる。また液晶素子と E L 素子とを積層した構造であるため、素子の実装構造が複雑なうえ、表示素子の全体厚さが厚くなるという不具合もある。

【0011】本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであり、E L 発光をバックライトとした液晶表示素

子からなる自発光表示素子において、偏光光を発光するEL素子を用い、損失なく有効に液晶素子から発光させ、かつ素子の厚さを低減することを目的とする。

#### 【0012】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決する本発明の自発光表示素子の特徴は、基板と、基板上に形成された第1電極層と、第1電極層上に形成された有機EL発光層と、有機EL発光層上に形成された透明な第2電極層と、第2電極層上に形成された透明な絶縁層と、絶縁層上に形成された透明な第3電極層と、第3電極層上に形成された透明な第1配向膜と、よりなり電圧の印加により偏光を発光する第1基部と、表面側に偏光板が積層された透明基板と、透明基板の裏面上に形成された透明な第4電極層と、第4電極層上に形成された透明な第2配向膜と、よりなる第2基部と、第1配向膜と第2配向膜とが対向するように互いに離間して配置された第1基部と第2基部との間に封入された液晶と、からなり、第1電極層と第2電極層間に印加された電圧により第1基部で発光した偏光を液晶及び第1基部を通して表示するように構成されたことにある。

#### 【0013】

【発明の実施の形態】本発明の自発光表示素子では、第1基部と第2基部との間に液晶が封入され、第1基部のみでEL素子が構成されている。そして第1基部の有機EL発光層で発光した光は偏光であり、その偏光が液晶及び第2基部を通過する。第3電極層と第4電極層との間に電圧が印加されない場合には、第1基部からの偏光は液晶の分子のねじれに沿って偏光面が90度回転し、透明基板は透過しても偏光板で100%遮断されるため暗表示される。一方、第3電極層と第4電極層との間に電圧

が印加されると、液晶のねじれ配向が解けて分子が基板に垂直方向に配向する。したがって第1基部からの偏光は回転せずに液晶を通過し、透明基板及び偏光板を100%透過して明表示される。

【0014】すなわち本発明の自発光表示素子では、有機EL発光層で発光した光が損失なく表示される。したがって光の利用効率が高く消費エネルギーを低減できる。また本発明の自発光表示素子は、液晶素子内にEL素子が一体的に封入された構造となっている。したがって従来の液晶素子とEL素子とを単に積層した自発光表示素子に比べて、一对のセル基板と1枚の偏光板が不要となり、厚さを従来の半以下に薄くすることができる。

【0015】さらに、有機EL発光層は有機質材料からなり、このような有機EL素子は一般に水分、酸素などに対する耐性が低く耐久性が問題となる。しかし本発明の自発光表示素子では、有機EL発光層は高い絶縁性をもつ液晶によって封止された状態となるため、耐久性が優れている。また有機EL発熱により、低温での液晶の応答性が向上する。

【0016】第1基部は、基板と、第1電極層と、有機EL発光層と、透明な第2電極層と、透明な絶縁層と、透明な第3電極層及び透明な第1配向膜とより構成されている。基板としては透明、不透明に関わらず用いることができ、プラスチック基板、ガラス基板、金属基板などその材質を問わない。ただ光が取り出されるのは第2基部の透明基板側であるから、第1基部の基板からは光が逃げるのを防止することが望ましい。したがって基板は光を反射するような材質で形成することが望ましい。

また透明な基板を用いる場合には、第1電極層に対向する表面に光を反射する光反射層を形成することが望ましい。

【0017】第1電極層としては、従来と同様にITO、AZO(Al添加ZnO)、SnO<sub>2</sub>などの薄膜を用いてもよいし、Al、Ag、Mg膜など不透明の導電性金属薄膜を用いることもできる。これは基板に成膜すればよいので、高周波スパッタリング法など高温が作用する成膜法を用いても差し支えない。また、第1電極層が光反射層を兼ねるようにすることも好ましい。

【0018】有機EL発光層は、正孔輸送層と、正孔輸送層上に形成された発光体層と、発光体層上に形成された電子輸送層とから構成することができる。このうち正孔輸送層としては、トリフェニルジアミン誘導体などの第3級アミン誘導体、(ジ)スチリルベンゼン(ピラジン)誘導体、ジオレフィン誘導体、オキサジアゾール誘導体などのジ(トリ)アゾール誘導体、キノサリン誘導体、フラン系化合物、ヒドラゾン系化合物、ナフタセン誘導体、クマリン系化合物、キナクリドン誘導体、インドール系化合物、ピレン系化合物、アントラセン系化合物などが例示される。

【0019】発光体層としては、従来のEL素子に用いられるトリスキノリノアルミニウム錯体、ジスチリルピフェニル誘導体、オキサジアゾール誘導体などが用いられる。また電子輸送層としては、ポリシラン、オキサジアゾール誘導体、トリスキノリノアルミニウム錯体などが例示される。

【0020】正孔輸送層の厚さは、10～100nmとするのが望ましい。厚さがこの範囲より薄いとピンホールが多くなるとともにダークスポットが多発し、この範囲より厚くなると輝度が下がり発光効率が低下するうえ材料が無駄となる。また発光体層の厚さは、従来と同様に10～100nmとするのが望ましい。この範囲より薄いとピンホールが多くなるとともにダークスポットが多発し、この範囲より厚くなると輝度が低下する。そして電子輸送層の厚さは、従来と同様に10～100nmとするのが望ましい。この範囲より薄いとピンホールが多くなるとともにダークスポットが多発し、この範囲より厚くなると輝度が下がり発光効率が低下するうえ材料が無駄となる。

【0021】なお発光層において、正孔輸送層と電子輸

送層の位置は、どちらが第1電極層側に位置してもよい。ただし電子輸送層と接する電極は、Al、Al-Li、Mg-Agなどの仕事関数の小さい金属膜から形成しなければならない。この発光層を構成する各層は、それぞれ真空蒸着法、ラングミュアプロジェクト蒸着法、ディップコーティング法、スピンコーティング法、真空気体蒸着法、有機分子線エピタキシ法などを用いて形成することができる。

【0022】第2電極層を正極として使用する場合には、有機EL発光層の発光を透過させるために透明なものが用いられ、ITO、AZO（Al添加ZnO）、SnO<sub>2</sub>などの薄膜を採用することができる。しかしながら、有機EL発光層は有機質であるために、第2電極層を高周波スパッタリングなどの薄膜形成法で形成すると、高温の作用により発光層が損傷してしまう。そこで、蒸着法などの低温で成膜できる方法を採用するのが望ましい。

【0023】また、第2電極層を負極として使用する場合には、蒸着法などで比較的厚い導電性金属層を形成し、それを陽極酸化処理することで透明な陽極酸化膜を形成し、かつそれによって導電性金属層自体の厚さを薄くして透明な第2電極層を形成する方法、10～100nmの薄い金属膜を蒸着で形成し、その上にITO膜を形成する方法などが採用できる。

【0024】前述の方法では、導電性金属層は、In-Sn、Zn、Sn、Sn-Sbなどの導電性金属から形成することができる。この導電性金属層は、蒸着法など基板が100℃以上の高温にさらされない方法により形成することができる。なお導電性金属層は、単一層であってもよいし複数の金属を積層した複層であってもよい。複層とすれば、透明性の高い金属を下層に配置し、その上層に透明性の高い陽極酸化膜を形成する金属を配置することで、導電性金属層の厚さがさらに厚くなっても透明性の高い第2電極層を形成することができる。

【0025】透明性が高く導電性の高い金属としては、In-Sn、Zn、Sn、Sn-Sbなどが例示され、透明性の高い緻密な陽極酸化膜を形成する金属としてはTi、Al、Mg、Siなどが例示される。陽極酸化膜の厚さは、100～300nmの範囲とするのが好ましい。この厚さが1000nmを越えると、着色して光が吸収されて透明性も低下し、光の損失が増加するようになる。なお陽極酸化膜は強度が高いので、その存在により発光層を保護することもできる。したがって陽極酸化膜の厚さは、上記範囲内でできるだけ厚く形成することが望ましい。

【0026】陽極酸化膜を形成した後の導電性金属層の厚さは、10～100nmの範囲とするのが好ましい。この厚さが150nmを越えると透明性が低下し、発光層の発光効率が低下するようになる。陽極酸化膜を形成するには、通常の陽極酸化処理で行うことができる。陽極酸化

処理によれば、陽極酸化膜が形成されていない部分に電流が流れて酸化が進行することから、ピンホールなどの欠陥のない均一な酸化膜を形成することができる。また陽極酸化膜の厚さは印加電圧により制御することができるので、厚さの制御はきわめて精度高く容易に行うことができる。

【0027】絶縁層はEL偏光発光層に通電するための第2電極層と、液晶に通電するための第3電極層とを絶縁するためのものであり、シリカ、ポリイミドなどが用いられる。第3電極層は液晶に通電するためのものであるが、有機EL発光層からの光を透過させるために透明なものが用いられ、ITO、AZO（Al添加ZnO）、SnO<sub>2</sub>などの薄膜を採用することができる。

【0028】第1配向膜は液晶の分子を表面で一定の方向に配向させるためのものであり、ポリイミドなどの耐熱性樹脂の膜の表面をナイロンなどの布で一定方向にラビングすることによって形成することができる。この第1基部からは、有機EL発光層からの光が偏光として液晶に入射される。第1基部が偏光を発光するようにするには、有機EL発光層と第1配向膜との間に偏光層を介在させてもよいが、こうすると光の損失が大きくなり、かつ素子全体の厚さが厚くなるため好ましくない。そこで、有機EL発光層の発光体層をラビング処理する方法、有機EL発光層の発光体層を斜め蒸着により形成する方法、有機EL発光層の発光体層を圧着引するMechanical Deposition法、などの方法を用い、発光体層が光学異方性をもつようにして直接強い偏光を発するように構成することが好ましい第2基部は、表面側に偏光板が積層された透明基板と、第4電極層と、第4電極層上に形成された第2配向膜と、から構成されている。

【0029】透明基板としては、ガラス基板あるいは透明樹脂製の基板などが例示される。また偏光板としては、ポリビニルアルコール-ヨウ素系の皮膜をプラスチックフィルムで挟持したものなど、従来の液晶素子に用いられているものを用いることができる。第4電極層は液晶に電圧を印加するためのものであるが、発光層からの偏光を透過させるために透明なものが用いられ、ITO、AZO（Al添加ZnO）、SnO<sub>2</sub>などの薄膜を採用することができる。

【0030】第2配向膜は液晶の分子を表面で一定の方向に配向させるためのものであり、ポリイミドなどの耐熱性樹脂の膜の表面をナイロンなどの布で一定方向にラビングすることによって形成することができる。そして第1配向膜と第2配向膜とが対向した間に、分子配列が90度ねじれるように液晶が封入される。第1基部と第2基部の間に封入される液晶は、フェニルベンゾエート系、シクロヘキシルカルボン酸エステル系など、従来公知のTN型液晶を用いることができる。

【0031】

【実施例】以下、実施例により本発明を具体的に説明す

る。図 1 に本実施例の自発光表示素子の模式的断面図を示す。この自発光表示素子は、第 1 基部 1 と、第 2 基部 2 と、第 1 基部 1 及び第 2 基部 2 との間に封入された液晶 3 とから構成されている。

【0032】第 1 基部 1 は、ガラス基板 10 と、ガラス基板 10 上に形成された反射膜 11 と、反射膜 11 上に形成された第 1 電極層 12 と、第 1 電極層 12 上に形成された E L 偏光発光層 4 と、E L 偏光発光層 4 上に形成された透明な第 2 電極層 13 と、第 2 電極層 13 上に形成された絶縁層 14 と、絶縁層 14 上に形成された透明な第 3 電極層 15 と、第 3 電極層 15 上に形成された第 1 配向膜 16 とから構成されている。

【0033】また第 2 基部 2 は、ガラス基板 20 と、ガラス基板 20 の裏面上に形成された第 4 電極層 21 と、第 4 電極層 21 上に形成された第 2 配向膜 22 と、ガラス基板の表面上に積層された偏光板 23 とから構成されている。そして液晶 3 は T N 用で数種類の液晶の混合材料からなり、第 1 配向膜 16 と第 2 配向膜 22 が対向するように配置された第 1 基部 1 と第 2 基部 2 の間に、シール材 30 によって封入されている。

【0034】以下、この自発光表示素子の製造方法を説明し、構成の詳細な説明に代える。先ずガラス基板 10 を用意し、その表面に高周波スパッタリングにより A l 反射膜 11 を成膜した。次いで反射膜 11 の表面に高周波スパッタリングにより I T O から第 1 電極層 12 を厚さ約 2000 Å に成膜した。次に図 2 に拡大して示すように、第 1 電極層 12 上に厚さ約 500 Å の正孔輸送層 40、厚さ約 500 Å の発光体層 41 及び厚さ約 500 Å の電子輸送層 42 及び第 2 電極層 13 をこの順にそれぞれ成膜し、E L 発光層を形成した。ここで正孔輸送層 40 としてはポリパラフェニレン (P P P) を使い、350℃に加熱した基板上で圧着帰引する Mechanical Deposition 法により高分子が高度に配向した薄膜を作製した。発光体層 41 としては p-Sexiphenyl (p-6P) を使い真空蒸着法にて成膜した。また電子輸送層 42 は真空蒸着法にて成膜した。これにより P P P 膜の帰引方向に垂直に交わる棒状に結晶し、P P P の帰引方向に依存する強い偏光を発光する E L 偏光発光層 4 が形成された。

【0035】そして E L 偏光発光層 4 の電子輸送層 42 の表面に、A l - L i 膜を真空蒸着した。蒸着時に L i 組成を 100 n m まで減少し、以後 A l のみで 200 n m まで蒸着した。こうして作製された素子を、1 重量%のリン酸水溶液からなる電解液中に浸漬し、素子を陽極とするとともに素子とほぼ同面積を有する A l 板を陰極として、100 V の直流電圧を印加して陽極酸化を行った。これにより第 2 電極層 13 が形成された。

【0036】ここで形成される陽極酸化膜の膜厚は印加電圧に応じて決まり、印加電圧が 100 V であれば形成される陽極酸化膜の膜厚は 150 n m となる。したがって素子の A l よりなる厚さ 200 n m の導電性金属層は、表面

から 1500 Å の厚さの範囲が陽極酸化され、A l<sub>2</sub> O<sub>3</sub> よりなる陽極酸化膜が形成された。また A l - L i 合金層と陽極酸化膜は直接接している。

【0037】次に、ディッピング法を用いて第 2 電極層 13 上に S i O<sub>2</sub> からなる絶縁層 14 を形成した。さらに蒸着法を用い、絶縁層 14 上に I T O からなる第 3 電極層 15 を形成し、凸版印刷法を用いて第 3 電極層 15 上にポリイミド前駆体を塗布した。そして加熱によりポリイミド前駆体をポリイミドとし、さらにナイロン布で一方にラビング処理して第 1 配向膜 16 を形成して、第 1 基部 1 を作製した。

【0038】一方、第 2 基部 2 は以下のようにして作製した。先ずガラス基板 20 を用意し、その表面に高周波スパッタリングにより I T O から第 4 電極層 21 を成膜した。そして凸版印刷法を用いて第 4 電極層 21 上にポリイミド前駆体を塗布し、加熱によりポリイミド前駆体をポリイミドとした後、ナイロン布で一方にラビング処理して第 2 配向膜 22 を形成した。そしてガラス基板 20 のもう一方の表面に偏光板 23 を積層して、第 2 基部 2 を作製した。

【0039】次に、第 1 配向膜 16 と第 2 配向膜 22 が対向するように第 1 基部 1 と第 2 基部 2 を配置し、シール材 30 で周縁部をシールした。そしてシール材 30 の一部に設けられた注入孔から液晶 3 を真空注入し、注入孔を塞いで本実施例の自発光表示素子を得た。得られた自発光表示素子では、第 1 電極層 12 と第 2 電極層 13 への直流電圧の印加により E L 偏光発光層 4 が発光し、この光は偏光である。そして第 3 電極層 15 と第 4 電極層 21 に交流電圧を印加していない場合には、この偏光は透明な第 2 電極層 13、絶縁層 14、第 3 電極層 15、第 1 配向膜 16、液晶 3、第 2 配向膜 22、第 4 電極層 21、ガラス基板 20 及び偏光板 23 を透過して、自発光表示素子は明状態となる。またガラス基板 10 側へ向かった偏光は、反射膜 11 で反射してガラス基板 20 及び偏光板 23 を透過する

そして第 3 電極層 15 と第 4 電極層 21 に交流電圧を印加することで、液晶分子はねじれが解消して平行に配列するため、E L 偏光発光層 4 の発光による偏光は偏光板 23 で遮られ、自発光表示素子は暗状態となる。

【0040】

【発明の効果】すなわち本発明の自発光表示素子によれば、第 1 基部で発光した偏光が損失なく表示される。したがって従来の液晶素子と E L 素子とを単に積層した自発光表示素子に比べて光のロスが無く有効活用でき、消費エネルギーを低減できる。また、本発明の自発光表示素子は、液晶素子内に E L 素子が一体的に封入された構造となっている。したがって従来の液晶素子と E L 素子とを単に積層した自発光表示素子に比べて、一對の基板と一枚の偏光板が不要となり厚さを薄くすることができる。また有機 E L 素子が高い絶縁性をもつ液晶セル内に気密封止された構造であるため、耐久性が向上する。

## 【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一実施例の自発光表示素子の模式的断面図である。

【図 2】 図 1 の要部拡大断面図である。

【図 3】 従来の自発光表示素子の模式的断面図である。

## 【符号の説明】

1 : 第 1 基部

2 : 第 2 基部

3 :

液晶

4 : E L 偏光発光層

第 1 電極層

13 : 第 2 電極層

第 3 電極層

16 : 第 1 配向膜

第 2 配向膜

23 : 偏光板

10

11 : 反射膜

12 :

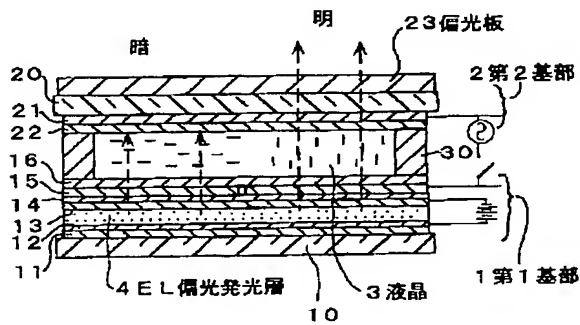
14 : 絶縁層

15 :

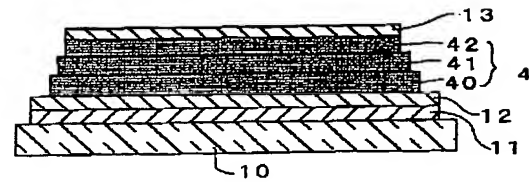
21 : 第 4 電極層

22 :

【図 1】



【図 2】



【図 3】

